

## Beschreibung

### Verfahren und Vorrichtung zum Überwachen eines Impulsladeventils einer Brennkraftmaschine

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Überwachen eines Impulsladeventils einer Brennkraftmaschine, wobei das Impulsladeventil in einem Saugrohr angeordnet ist.

Aus der DE 102 00 533 A1 ist eine Brennkraftmaschine bekannt. Sie hat einen Sammler, von dem ein Saugrohr hin zu einem Einlass eines Zylinders der Brennkraftmaschine geführt ist. Ein Gaseinlassventil ist an dem Einlass des Zylinders angeordnet. Ein Impulsladeventil ist stromaufwärts des Gaseinlassventils in dem Saugrohr angeordnet. Abhängig von der Schaltstellung des Impulsladeventils gibt es das Saugrohr frei oder verschließt es. Ferner ist ein Einspritzventil vorgesehen, welches den Kraftstoff zumisst.

Die schnell schaltenden Impulsladeventile, die jedem Zylinder zugeordnet sind, werden während des ersten Abschnitts der Ansaugsequenz geschlossen, so dass sich ein hoher Unterdruck aufbauen kann. Nach zirka der Hälfte der Ansaugsequenz wird das Impulsladeventil - der schnell schaltende Querschnittschalter - schlagartig geöffnet, so dass der während des ersten Abschnitts der Ansaugsequenz erzeugte Unterdruck im Zylinder eine sehr hohe Einströmgeschwindigkeit des angesaugten Luft/Kraftstoff-Gemisches erzeugt. Die sehr schnell in den Brennraum des Zylinders der Brennkraftmaschine einströmende Einlassluftsäule führt in dem Bereich kleinerer und mittlerer Drehzahlen der Brennkraftmaschine zu deutlichen Aufladeeffekten aufgrund der besseren Füllungscharakteristik des jeweiligen Brennraums.

Ein Defekt des Impulsladeventils kann dazu führen, dass die tatsächlich während eines Ansaughubs eines Zylinders angesaugte Luftmasse geringer ist als bei ordnungsgemäß funktion-

nierendem Impulsladeventil. Dies führt dann zu einer Veränderung des tatsächlichen Luft/Kraftstoff-Gemisches in dem Zylinder der Brennkraftmaschine, was dann gegebenenfalls eine Verschlechterung des Verbrennungsprozesses und erhöhte Schadstoffemissionen zur Folge haben kann.

Die Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Überwachen eines Impulsladeventils in einer Brennkraftmaschine zu schaffen, das bzw. die einfach und zuverlässig ist.

Die Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Die Erfindung zeichnet sich aus durch ein Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung zum Überwachen eines Impulsladeventils in einer Brennkraftmaschine mit einem Sammler, von dem ein Saugrohr hin zu einem Einlass eines Zylinders der Brennkraftmaschine geführt ist. Die Brennkraftmaschine hat ferner ein Gaseinlassventil, das an dem Einlass des Zylinders angeordnet ist. Das Impulsladeventil ist stromaufwärts des Gaseinlassventils in dem Saugrohr angeordnet und gibt abhängig von seiner Schaltstellung das Saugrohr frei oder verschließt es. Ein Drucksensor ist in dem Ansaugtrakt angeordnet und erfasst einen Saugrohrdruck.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass der Verlauf des von dem Drucksensor erfassten Saugrohrdrucks charakteristisch ist für einen möglichen Fehler des Impulsladeventils.

Die Erfindung nutzt diese Erkenntnis, indem der Verlauf des erfassten Saugrohrdrucks mit dem eines Referenz-Saugrohrdrucks verglichen wird, der charakteristisch ist für einen vorgegebenen Betriebszustand des Impulsladeventils. Abhängig von dem Vergleich wird auf einen Fehler des Impulsladeventils erkannt.

Es ist somit zum Überwachen des Impulsladeventils kein zusätzlicher Sensor notwendig, da ein Drucksensor in dem Ansaugtrakt sehr häufig ohnehin für andere Zwecke vorhanden ist. Das Überwachen ist somit ohne wesentliche zusätzliche Kosten möglich.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist der Betriebszustand des Impulsladeventils das Hängen des Impulsladeventils in seiner Offenstellung, das Hängen des Impulsladeventils in seiner Schließstellung und/oder in freischwinger Mittelstellung. Diese Betriebszustände treten im Fehlerfall des Impulsladeventils auf und verursachen dann unerwünschte Schadstoffemissionen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird der Verlauf des erfassten Saugrohrdrucks mit dem eines Referenz-Saugrohrdrucks jeweils über ein Zylindersegment der Brennkraftmaschine verglichen. Dies ermöglicht auf einfache Weise eine direkte Zuordnung eines erkannten Fehlers zu einem bestimmten Zylinder der Brennkraftmaschine mit der Folge, dass von der Steuerung der Brennkraftmaschine gezielt für diesen Zylinder entsprechende Maßnahmen zur Reduktion der Schadstoffemissionen ergriffen werden können.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung erfolgt der Vergleich anhand der Frequenzspektren des Verlaufs des erfassten Saugrohrdrucks und des Referenzsaugrohrdrucks. Dies hat den Vorteil, dass sehr einfach und äußerst präzise ein Erkennen des Betriebszustands des Impulsladeventils ermöglicht ist.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird der oder die für einen Betriebszustand des Impulsladeventils charakteristischen Frequenzanteile miteinander verglichen. Dies hat den Vorteil, dass so sehr präzise der Be-

triebszustand des Impulsladeventils ermittelt werden kann bei gleichzeitig verringertem Rechenaufwand.

5 So ist es besonders vorteilhaft wenn für einen Betriebszustands des Hängens des Impulsladeventils in freischwingender Mittelstellung der Frequenzbereich der Eigenschwingung des Impulsladeventils verglichen wird. Die Eigenfrequenz des Impulsladeventils liegt in der Regel deutlich höher als die der regulären Druckschwingung in dem Saugrohr. Sie kann so ein-  
10 fach anhand des Frequenzspektrums des Verlaufs des erfassten Saugrohrdrucks erkannt werden und ist dann charakteristisch für das Hängen des Impulsladeventils in freischwingender Mittelstellung.

15 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung werden die Amplituden der Frequenzspektren verglichen. Dies ist besonders einfach.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung erfolgt der Vergleich abhängig von der quadratischen Abwei-  
20 chung der Amplituden der Frequenzspektren. Dies hat den Vorteil, dass größere Abweichungen des Verlaufs des erfassten Saugrohrdrucks von dem des Referenzsaugrohrdrucks stärker gewichtet werden und so einfacher ein zuverlässiges Erkennen  
25 des Betriebszustands des Impulsladeventils gewährleistet ist.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung erfolgt der Vergleich abhängig von der Drehzahl der Brennkraftmaschine. Dies hat den Vorteil, dass für die jeweilige  
30 Drehzahl charakteristische Verläufe des Referenzsaugrohrdrucks vorgesehen sein können und ferner bei einer digitalen Signalverarbeitung mit einer konstanten Abtastrate eine zuverlässigere Erkennung des jeweiligen Betriebszustands ermöglicht ist.

35 Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgenden anhand der schematischen Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine Brennkraftmaschine mit einem Impulsladeventil 18 und einer Vorrichtung zum Überwachen des Impulsladeventils 18,

5 Figur 2 ein Ablaufdiagramm eines Programms zum Überwachen des Impulsladeventils,

Figuren 3 bis 6 Verläufe eines durch einen Drucksensor 16 erfassten Saugrohrdrucks bei verschiedenen Betriebszuständen des Impulsladeventils 18.

10

Elemente gleicher Konstruktion und Funktion sind figurenübergreifend mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

15 Eine Brennkraftmaschine (Figur 1) umfasst einen Ansaugtrakt 1, einen Motorblock 2, einen Zylinderkopf 3 und einen Abgastrakt 4. Der Ansaugtrakt 1 umfasst vorzugsweise eine Drosselklappe 11, ferner einen Sammler 12 und ein Saugrohr 13, das hin zu einem Zylinder Z1 über einen Einlasskanal in den Motorblock 2 geführt ist. Der Motorblock 2 umfasst ferner eine  
20 Kurbelwelle 21, welche über eine Pleuelstange 25 mit dem Pleuellager 24 des Zylinders Z1 gekoppelt ist.

Der Zylinderkopf 3 umfasst einen Ventiltrieb mit einem Einlassventil 30, einem Auslassventil 31 und Ventilantrieben 32, 25 33. Der Antrieb des Gaseinlassventils 30 und des Gasauslassventils 31 erfolgt bevorzugt mittels einer Nockenwelle.

Der Zylinderkopf 3 umfasst ferner ein Einspritzventil 34 und eine Zündkerze 35. Alternativ kann das Einspritzventil 34  
30 auch in dem Ansaugkanal angeordnet sein.

Der Abgastrakt 4 umfasst einen Katalysator 40.

35 In dem Saugrohr 13 ist ferner ein Impulsladeventil 18 angeordnet, das in einer Schaltstellung, der Offenstellung, den Querschnitt des Saugrohrs 13 freigibt und in einer weiteren Schaltstellung, der Schließstellung, den Querschnitt des

Saugrohrs 13 verschließt. Das Impulsladeventil 18 ist bevorzugt als Feder-Masse Schwinger ausgebildet und umfasst zwei beabstandet angeordnete Elektromagnete mit jeweils einer Spule und einem Kern. Das Ventilglied des Impulsladeventils 18 ist bevorzugt mit einem Anker gekoppelt, dessen Position abhängt von der Bestromung der Spulen. Sind beide Spulen unbestromt, so verharrt das Ventilglied in einer Mittelstellung, in der das Saugrohr teilweise freigegeben ist. Ist die erste Spule bestromt so kommt das Ventilglied in seine Schließstellung. Ist die zweite Spule bestromt, so kommt das Ventilglied in seine Offenstellung. Ist das Ventilglied in seiner Mittelstellung, so kann es zu Schwingungen durch die strömende Luft im Saugrohr angeregt werden. Diese Schwingungen haben dann die Frequenz der Eigenschwingung des Feder-Masse Schwingers.

Ferner ist eine Steuereinrichtung 6 vorgesehen, der Sensoren zugeordnet sind, die verschiedene Messgrößen erfassen und jeweils den Messwert der Messgröße ermitteln. Die Steuereinrichtung 6 ermittelt abhängig von mindestens einer der Messgrößen Stellgrößen, die dann in ein oder mehrere Stellsignale zum Steuern der Stellglieder mittels entsprechender Stellantriebe umgesetzt werden.

Die Sensoren sind ein Pedalstellungsgeber 71, welcher die Stellung eines Fahrpedals 7 erfasst, ein Luftmassenmesser 14, welcher einen Luftmassenstrom stromaufwärts der Drosselklappe 11 erfasst, ein Temperatursensor 15, welcher die Ansauglufttemperatur erfasst, ein Drucksensor 16, welcher den Saugrohrdruck erfasst, ein Kurbelwellenwinkelsensor 22, welcher einen Kurbelwellenwinkel erfasst, aus dem dann eine Drehzahl  $N$  ermittelt wird, ein weiterer Temperatursensor 23, welcher eine Kühlmitteltemperatur erfasst, und noch ein Temperatursensor 28, der eine Öltemperatur erfasst. Je nach Ausführungsform der Erfindung kann eine beliebige Untermenge der genannten Sensoren oder auch zusätzliche Sensoren vorhanden sein.

Die Stellglieder sind beispielsweise die Drosselklappe 11, die Gaseinlass- und Gasauslassventile 30, 31, das Einspritzventil 34, die Zündkerze 35, die Verstelleinrichtung 37 und das Impulsladeventil 18.

5

Neben dem Zylinder Z1 kann die Brennkraftmaschine auch noch weitere Zylinder Z2-Z4 umfassen, denen dann ebenfalls entsprechende Stellglieder zugeordnet sind.

- 10 Das Impulsladeventil 18 wird bevorzugt so angesteuert, dass es den Querschnitt des Saugrohres erst freigibt nachdem das Gaseinlassventil 30 geöffnet hat. Dadurch wird vor dem Öffnen des Impulsladeventils 18 durch die Ansaugbewegung des Kolbens 24 ein Unterdruck in dem Bereich des Saugrohrs zwischen dem
- 15 Impulsladeventil 18 und dem Gaseinlassventil 13 erzeugt. Wenn das Impulsladeventil 18 anschließend in seine Offenstellung gesteuert wird, strömt in die in dem Saugrohr stromaufwärts des Impulsladeventils 18 befindliche Luft aufgrund des Druckgefälles mit sehr hoher Geschwindigkeit in den Brennraum des
- 20 Zylinders Z1. Das Impulsladeventil wird dann gegebenenfalls zeitlich vor dem Gaseinlassventil 30 wieder in seine Schließstellung gesteuert, was bei geeigneter Ansteuerung zu einem Aufladeeffekt in dem Zylinder Z1 führt. Dieser Aufladeeffekt ist insbesondere bei niedrigeren Drehzahlen N stark ausge-
- 25 prägt.

- Die Steuereinrichtung 6 umfasst auch eine Vorrichtung zum Überwachen des Impulsladeventils 18. Ein Programm zum Überwachen des Impulsladeventils 18 wird in einem Schritt S1 (Figur
- 30 2) gestartet. In dem Schritt S1 werden gegebenenfalls Variablen initialisiert. Das Programm wird bevorzugt zeitnah zum Motorstart der Brennkraftmaschine gestartet.

- In einem Schritt S2 wird zunächst der Verlauf  $MAP(t)$  des erfassten Saugrohrdrucks erfasst. Dies erfolgt bevorzugt über ein Zylindersegment der Brennkraftmaschine. Ein Zylindersegment der Brennkraftmaschine ist definiert als der Kurbelwel-
- 35

lenwinkel eines Arbeitsspiels der Brennkraftmaschine dividiert durch die Anzahl der Zylinder der Brennkraftmaschine. Ein Zylindersegment beträgt bei einer Brennkraftmaschine mit vier Zylindern so beispielsweise  $180^\circ$  Kurbelwellenwinkel.

5

In einem Schritt S3 wird ein Verlauf  $MAP\_REF(t)$  eines Referenz-Saugrohrdrucks eingelesen, der bevorzugt in einem Speicher der Steuereinrichtung 6 abgelegt ist. Bevorzugt wird der Verlauf  $MAP\_REF(t)$  des Referenz-Saugrohrdrucks abhängig von der Drehzahl  $N$  ermittelt. Verläufe  $MAP\_REF(t)$  des Referenz-Saugrohrdrucks sind bevorzugt durch Messungen an einem Motorprüfstand oder an einem Kraftfahrzeug, in dem die Brennkraftmaschine angeordnet ist, oder durch Simulationen ermittelt.

15 Der Verlauf  $MAP\_REF(t)$  des Referenz-Saugrohrdrucks wird jeweils separat eingelesen für den jeweils zu untersuchenden Betriebszustand des Impulsladeventils 18. So wird jeweils der Verlauf  $MAP\_REF(t)$  eingelesen, der charakteristisch ist für das Hängen in Offenstellung, für das Hängen in Schließstellung oder für die dauernde Mittelstellung des Impulsladeventils 18. Bevorzugt werden die folgenden Schritte jeweils im Hinblick auf alle diese Betriebszustände und gegebenenfalls im Hinblick auf einen Betriebszustand des Normalbetriebs jeweils durchlaufen, um exakt den aktuellen Betriebszustand des Impulsladeventils 18 zu ermitteln. Der Betriebszustand des Normalbetriebs ist der Betriebszustand, in dem das Impulsladeventil sich derart in seine Offenstellung und wieder in seine Schließstellung und wieder in seine Offenstellung bewegt, dass der gewünschte Aufladeeffekt in dem Brennraum des Zylinders  $Z1$  erreicht wird.

35 In einem Schritt S5 wird der Verlauf  $MAP(t)$  des erfassten Saugrohrdrucks frequenztransformiert und es wird so das Frequenzspektrum  $MAP(\Omega)$  des erfassten Saugrohrdrucks erhalten.



In einem Schritt S7 wird der Verlauf  $MAP\_REF(t)$  des Referenz-Saugrohrdrucks ebenfalls frequenztransformiert und es wird so das Frequenzspektrum  $MAP\_REF(OMEGA)$  erhalten. Alternativ kann das Frequenzspektrum  $MAP\_REF(OMEGA)$  des Referenz-Saugrohrdrucks auch direkt in dem Speicher der Steuereinrichtung 6 abgelegt sein.

In einem Schritt S9 wird das Frequenzspektrum  $MAP(OMEGA)$  des erfassten Saugrohrdrucks gefiltert. Das Filter ist so ausgelegt, dass die für den aktuell untersuchten Betriebszustand nicht charakteristischen Frequenzanteile herausgefiltert werden. So werden beispielsweise bei einer Untersuchung hinsichtlich des Betriebszustands des Verharrens in Mittelstellung des Impulsladeventils 18 bevorzugt alle Frequenzanteile außer denen, die in dem Bereich der Eigenfrequenz des Feder-Masseschwingers liegen, herausgefiltert. Durch diese Filterung wird dann im Schritt S9 ein gefiltertes Frequenzspektrum  $MAP\_F(OMEGA)$  des erfassten Saugrohrdrucks erhalten.

In einem Schritt S11 wird das Frequenzspektrum  $MAP\_REF(OMEGA)$  des Referenz-Saugrohrdrucks entsprechend dem Schritt S9 gefiltert und es wird so ein gefiltertes Referenzspektrum  $MAP\_REF\_F(OMEGA)$  erhalten. Alternativ kann in dem Speicher der Steuereinrichtung auch bereits dieses gefilterte Frequenzspektrum  $MAP\_REF\_F(OMEGA)$  abgelegt sein und dann eingelesen werden.

In einem Schritt S13 wird ein Gütewert GW abhängig von den gefilterten Frequenzspektren  $MAP\_F(OMEGA)$ ,  $MAP\_REF\_F(OMEGA)$  des erfassten Saugrohrdrucks und des Referenz-Saugrohrdrucks ermittelt. Bevorzugt erfolgt dies abhängig von der quadratischen Abweichung der Amplituden der gefilterten Frequenzspektren  $MAP\_F(OMEGA)$ ,  $MAP\_REF\_F(OMEGA)$ . Dies hat den Vorteil, dass dann größere Abweichungen stärker als kleinere Abweichungen zwischen den Amplituden gewichtet werden.

In einem Schritt S15 wird ein Schwellenwert SW abhängig von der Drehzahl N ermittelt.

5 In einem Schritt S17 wird anschließend geprüft, ob der Güte-  
wert GW größer ist als der Schwellenwert SW. Ist dies nicht  
der Fall, so verharret das Programm für eine vorgegebene War-  
tezeitdauer T\_W in dem Schritt S23. Alternativ kann das Pro-  
gramm in dem Schritt S23 auch für einen vorgegebenen Kurbel-  
wellenwinkel in dem Schritt S23 verharren. Die Verweilzeit in  
10 dem Schritt S23 ist vorteilhaft so gewählt, dass die Schritte  
S2 bis S17 jeweils einmal pro Zylindersegment der Brennkraft-  
maschine durchlaufen werden.

Ist in dem Schritt S17 hingegen der Gütewert GW größer als  
15 der Schwellenwert SW, so wird in einem Schritt S19 auf einen  
Fehlerzustand ERR erkannt. Dies kann dann zum Beispiel der  
Betriebszustand des Hängens des Impulsladeventils 18 in sei-  
ner Mittelstellung, des Hängens des Impulsladeventils 18 in  
seiner Schließstellung oder seiner Offenstellung sein.

20 Wenn das Verfahren pro Zylindersegment der Brennkraftmaschine  
einmal durchgeführt wird, so kann der Fehler auch zylinderin-  
dividuell zugeordnet werden, dass heißt dem jeweiligen dem  
aktuellen Zylinder Z1 bis Z4 zugeordneten Impulsladeventil 18  
25 zugeordnet werden.

In dem Schritt S19 können dann auch entsprechende Notlaufmaß-  
nahmen ergriffen werden. Diese können beispielsweise eine  
veränderte Zumessung von Kraftstoff durch die Einspritzventi-  
30 le 34 sein oder auch ein Begrenzen der Drehzahl N auf einen  
maximalen Wert. Das Programm wird dann in einem Schritt S21  
beendet.

Alternativ zu dem beschriebenen Vorgehen anhand der Figur 2  
35 kann der Gütewert GW auch abhängig von dem zeitlichen Verlauf  
MAP(t) des erfassten Saugrohrdrucks und dem zeitlichen Ver-  
lauf MAP\_REF(t) des Referenz-Saugrohrdrucks ermittelt werden.

Außerdem kann der Gütewert GW auch mittels einer anderen geeigneten Funktion als der quadratischen Abweichung ermittelt werden, die ein Maß darstellt für die Abweichung zwischen zwei Verläufen.

5

In den Figuren 3, 4, 5 und 6 sind die zeitlichen Verläufe  $MAP\_REF(t)$  des Saugrohrdrucks über den Kurbelwellenwinkel KW für verschiedene Betriebszustände des Impulsladeventils 18 dargestellt. Die Zeitdauer eines Zylindersegments ist mit  $T\_SEG$  gekennzeichnet. Ferner sind in den Figuren 3-6 jeweils die Zylinder Z1-Z4 bezeichnet, die sich während des aktuellen Zylindersegments gerade in dem Ansaugtakt befinden.

Figur 3 zeigt den Verlauf  $MAP\_REF(t)$  des Referenz-Saugrohrdrucks für den Betriebszustand des Normalbetriebs des Impulsladeventils 18. Figur 4 zeigt den Verlauf  $MAP\_REF(t)$  des Referenz-Saugrohrdrucks für einen Betriebszustand des Hängens des Impulsladeventils 18 in Offenstellung. Figur 5 zeigt den zeitlichen Verlauf  $MAP\_REF(t)$  des Saugrohrdrucks für den Betriebszustand des Hängens in Schließstellung des Impulsladeventils 18. Figur 6 zeigt den Verlauf  $MAP\_REF(t)$  des Saugrohrdrucks für den Betriebszustand des Hängens und somit Freischwingens in Mittelstellung des Impulsladeventils 18.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Überwachen eines Impulsladeventils (18) einer Brennkraftmaschine mit
  - 5 - einem Sammler (12), von dem ein Saugrohr (13) hin zu einem Einlass eines Zylinders (Z1 bis Z4) der Brennkraftmaschine geführt ist,
  - einem Gaseinlassventil (30), das an dem Einlass des Zylinders (Z1 bis Z4) angeordnet ist,
  - 10 - dem Impulsladeventil (18), das stromaufwärts des Gaseinlassventils (30) in dem Saugrohr (13) angeordnet ist und abhängig von seiner Schaltstellung das Saugrohr (13) freigibt oder verschließt, und
  - einem Drucksensor (16), der in dem Ansaugtrakt (1) angeordnet ist und einen Saugrohrdruck erfasst,
  - 15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
  - dass der Verlauf (MAP(t)) des erfassten Saugrohrdrucks mit dem eines Referenz-Saugrohrdrucks verglichen wird, der charakteristisch ist für einen vorgegebenen Betriebszustand des
  - 20 Impulsladeventils (18) und
  - dass abhängig von dem Vergleich auf einen Fehler des Impulsladeventils erkannt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
  - 25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
  - der Betriebszustand das Hängen des Impulsladeventils (18) in seiner Offenstellung, das Hängen des Impulsladeventils (18) in seiner Schließstellung und/oder in freischwingender Mittelstellung ist.
  - 30
3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
  - d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
  - der Verlauf (MAP(t)) des erfassten Saugrohrdrucks mit dem eines Referenz-Saugrohrdrucks jeweils über ein Zylindersegment
  - 35 der Brennkraftmaschine verglichen wird.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass  
der Vergleich anhand der Frequenzspektren (MAP(OMEGA),  
MAP\_REF(OMEGA)) des Verlaufs des erfassten Saugrohrdrucks und  
des Referenz-Saugrohrdrucks erfolgt.

5

5. Verfahren nach Anspruch 4,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass  
der oder die für einen Betriebszustand des Impulsladeventils  
(18) charakteristischen Frequenzanteile miteinander vergli-  
10 chen werden.

6. Verfahren nach Anspruch 5,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass  
für einen Betriebszustand des Hängens des Impulsladeventils  
15 (18) in freischwingender Mittelstellung der Frequenzbereich  
der Eigenschwingung des Impulsladeventils (18) verglichen  
wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6,  
20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass  
die Amplituden der Frequenzspektren verglichen werden.

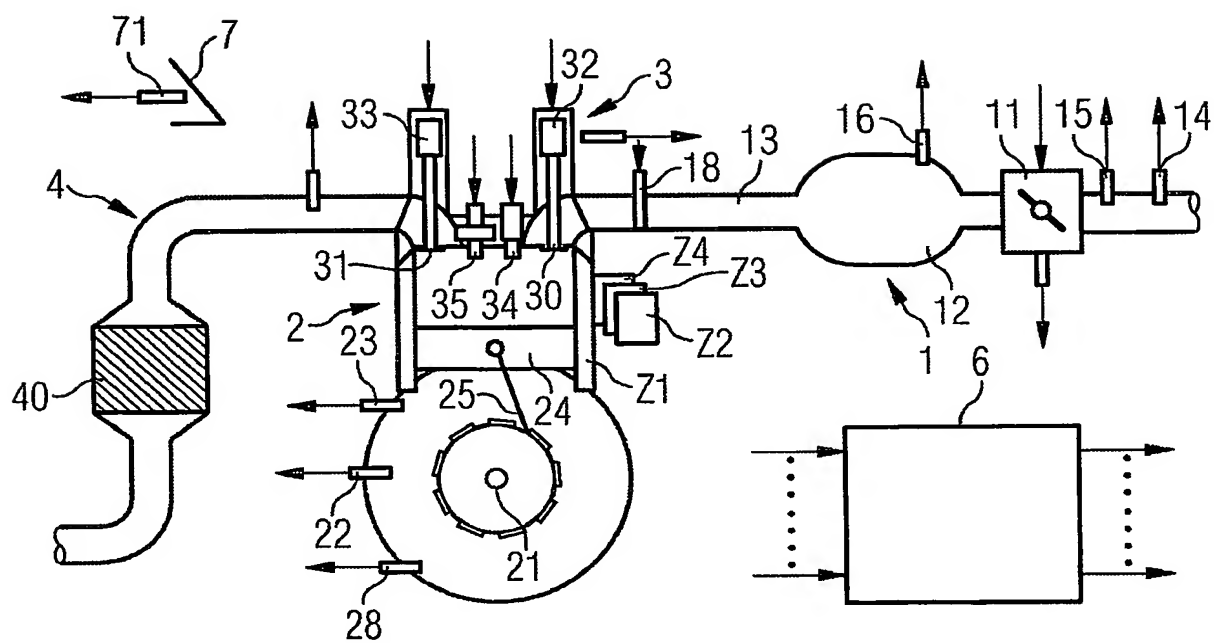
8. Verfahren nach Anspruch 7,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass  
25 der Vergleich abhängig von der quadratischen Abweichung der  
Amplituden der Frequenzspektren erfolgt.

9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass  
30 der Vergleich abhängig von der Drehzahl (N) der Brennkraftma-  
schine erfolgt.

10. Vorrichtung zum Überwachen eines Impulsladeventils (18)  
einer Brennkraftmaschine mit  
35 - einem Sammler (12), von dem ein Saugrohr (13) hin zu einem  
Einlass eines Zylinders (Z1 bis Z4) der Brennkraftmaschine  
geführt ist,

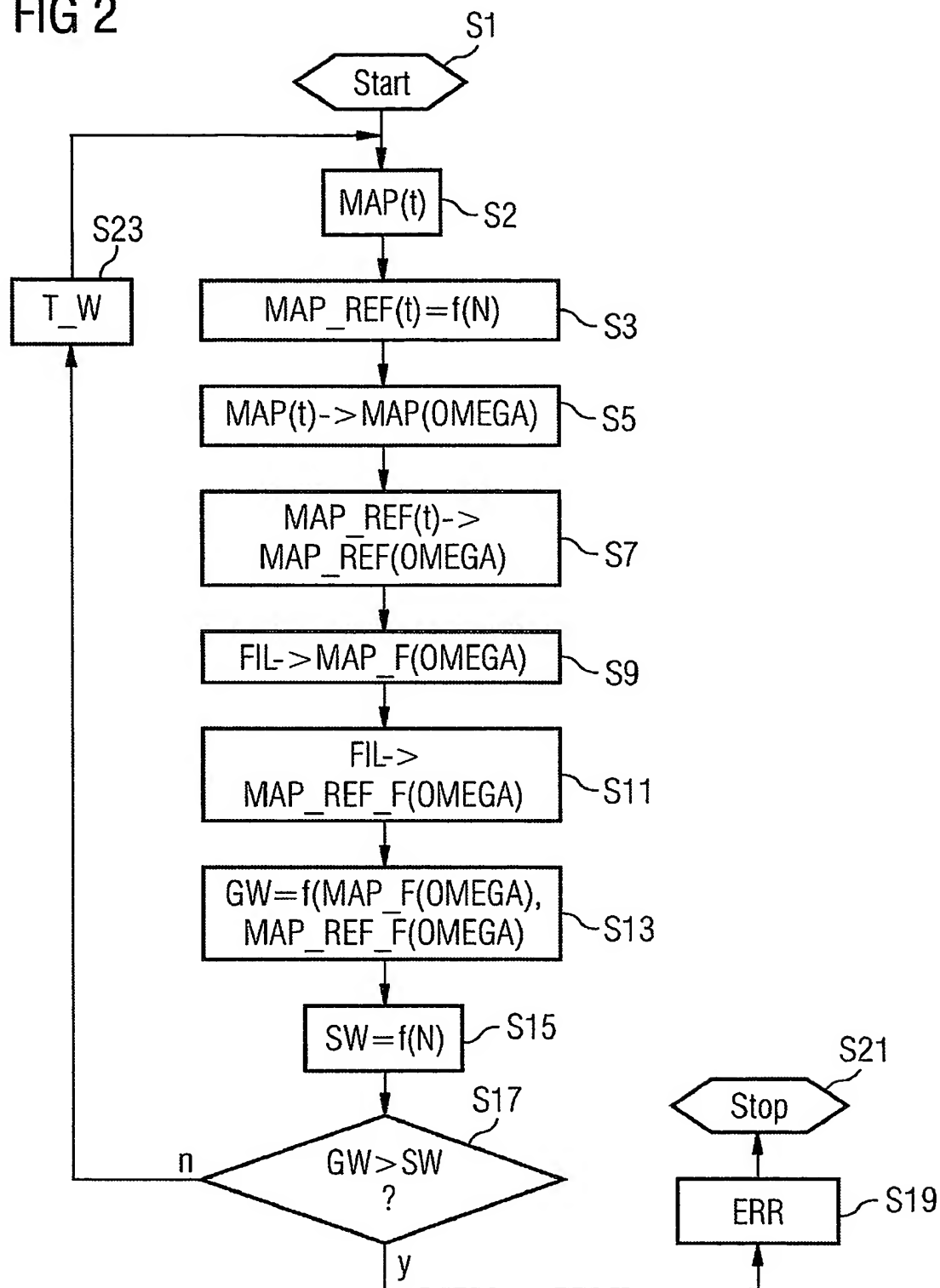
- einem Gaseinlassventil (30), das an dem Einlass des Zylinders (Z1 bis Z4) angeordnet ist,
- dem Impulsladeventil (18), das stromaufwärts des Gaseinlassventils (30) in dem Saugrohr (13) angeordnet ist und abhängig von seiner Schaltstellung das Saugrohr (13) freigibt oder verschließt, und
- einem Drucksensor (16), der in dem Ansaugtrakt (1) angeordnet ist und einen Saugrohrdruck erfasst,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
- 10 - dass erste Mittel vorgesehen sind, die den Verlauf (MAP(t)) des erfassten Saugrohrdrucks mit dem eines Referenz-Saugrohrdrucks vergleichen, der charakteristisch ist für einen vorgegebenen Betriebszustands des Impulsladeventils (18) und
- 15 - dass zweite Mittel vorgesehen sind, die abhängig von dem Vergleich auf einen Fehler des Impulsladeventils (18) erkennen.

FIG 1



2/4

FIG 2





3/4

FIG 3

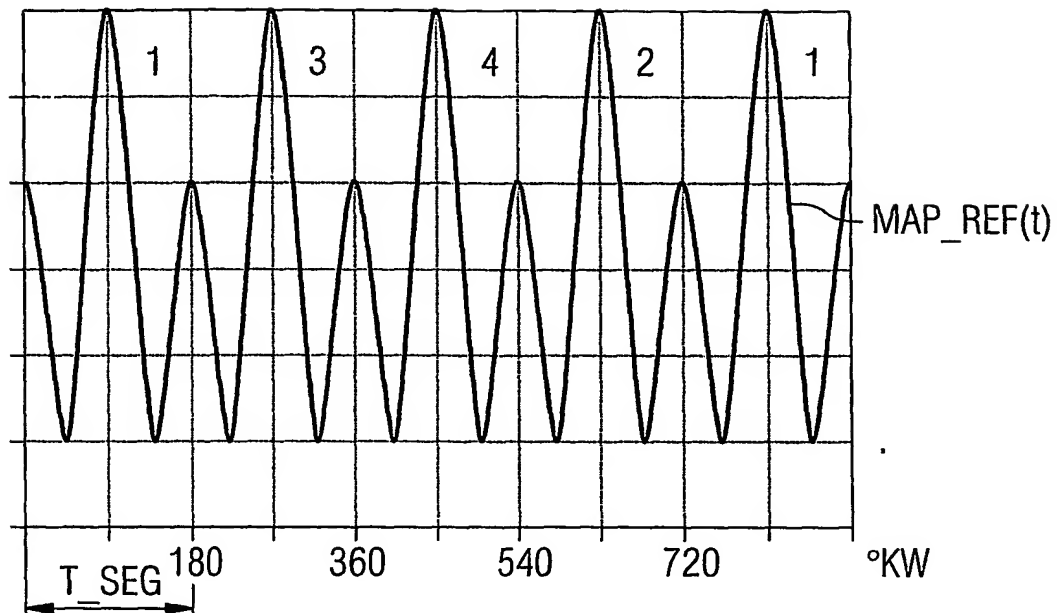
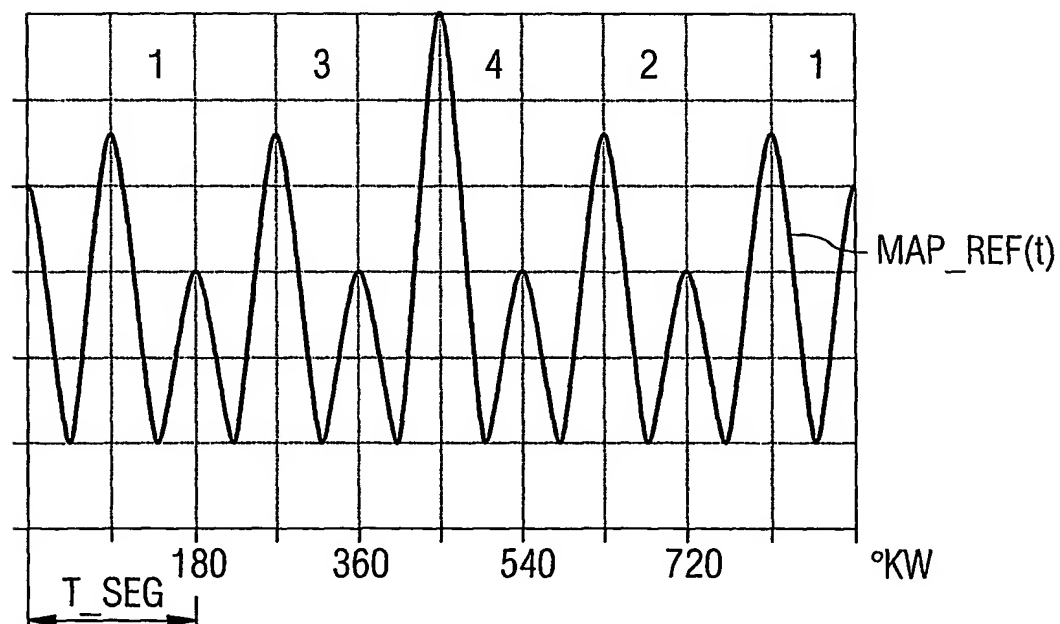


FIG 4



4/4

FIG 5

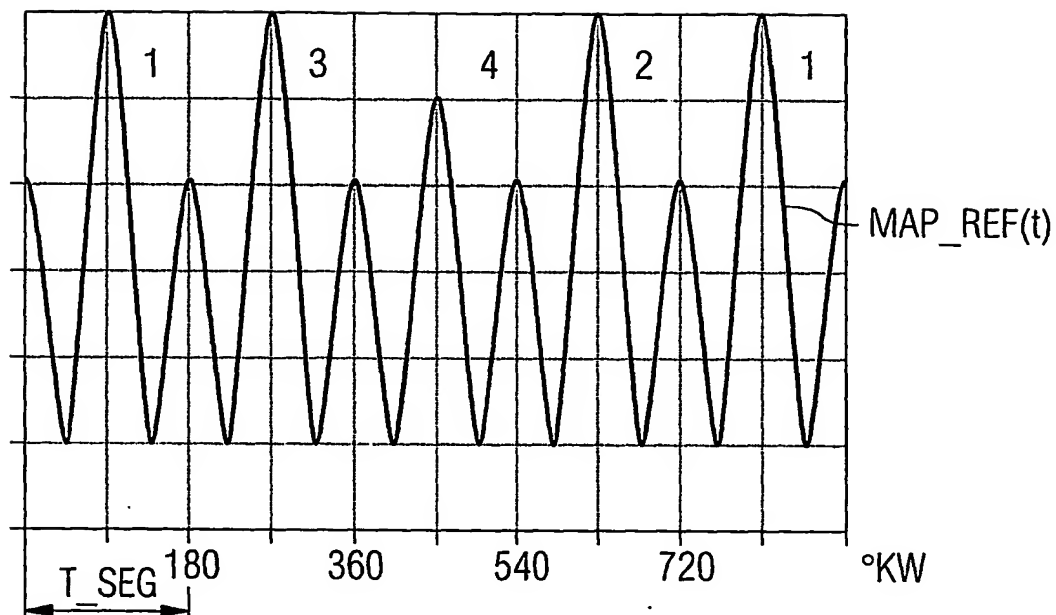
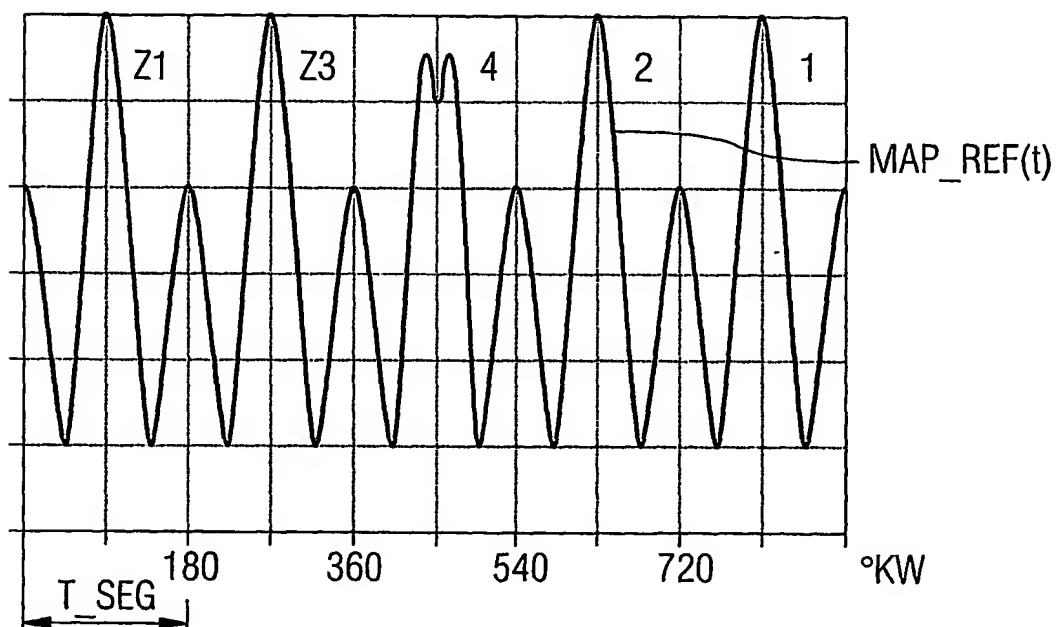


FIG 6



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/052316

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 F02B29/08 F02D41/22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 F02B F02D G01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 521 545 A (GENERAL MOTORS CORP) 7 January 1993 (1993-01-07) abstract; figures	1-3,9,10
Y	column 2, line 4 - column 3, line 20	4-7
A	column 5, line 25 - line 47	8
	column 6, line 28 - column 8, line 32	
Y	DE 199 50 222 A (ROBERT BOSCH GMBH) 26 April 2001 (2001-04-26) abstract; figures	4-7
A	column 1, line 57 - column 3, line 8 column 4, line 23 - column 5, last line	1-3,8-10
	----- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the International filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

10 January 2005

Date of mailing of the International search report

18/01/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Döring, M

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/052316

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 0111, no. 55 (M-589), 20 May 1987 (1987-05-20) -& JP 61 286521 A (MAZDA MOTOR CORP), 17 December 1986 (1986-12-17) abstract; figures -----	1-10
A	US 2003/177844 A1 (SCHNAIBEL EBERHARD ET AL) 25 September 2003 (2003-09-25) abstract; figures page 1, paragraph 30 - page 2, paragraph 36 -----	1,10

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/052316

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0521545	A	07-01-1993	US 5138874 A DE 69208163 D1 EP 0521545 A2	18-08-1992 21-03-1996 07-01-1993
DE 19950222	A	26-04-2001	DE 19950222 A1 WO 0129411 A1 EP 1226355 A1 JP 2003512566 T	26-04-2001 26-04-2001 31-07-2002 02-04-2003
JP 61286521	A	17-12-1986	NONE	
US 2003177844	A1	25-09-2003	DE 10065122 A1 WO 02053897 A1 EP 1362175 A1 JP 2004517252 T	14-08-2002 11-07-2002 19-11-2003 10-06-2004

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/052316

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 F02B29/08 F02D41/22

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 F02B F02D G01M

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 521 545 A (GENERAL MOTORS CORP) 7. Januar 1993 (1993-01-07) Zusammenfassung; Abbildungen	1-3,9,10
Y	Spalte 2, Zeile 4 - Spalte 3, Zeile 20	4-7
A	Spalte 5, Zeile 25 - Zeile 47	8
Y	Spalte 6, Zeile 28 - Spalte 8, Zeile 32	4-7
Y	DE 199 50 222 A (ROBERT BOSCH GMBH) 26. April 2001 (2001-04-26) Zusammenfassung; Abbildungen	1-3,8-10
A	Spalte 1, Zeile 57 - Spalte 3, Zeile 8 Spalte 4, Zeile 23 - Spalte 5, letzte Zeile	

-----  
-/--

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

10. Januar 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

18/01/2005

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Döring, M

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2004/052316

## C(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 0111, Nr. 55 (M-589), 20. Mai 1987 (1987-05-20) -& JP 61 286521 A (MAZDA MOTOR CORP), 17. Dezember 1986 (1986-12-17) Zusammenfassung; Abbildungen	1-10
A	US 2003/177844 A1 (SCHNAIBEL EBERHARD ET AL) 25. September 2003 (2003-09-25) Zusammenfassung; Abbildungen Seite 1, Absatz 30 - Seite 2, Absatz 36	1,10

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/052316

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0521545 A	07-01-1993	US 5138874 A DE 69208163 D1 EP 0521545 A2	18-08-1992 21-03-1996 07-01-1993
DE 19950222 A	26-04-2001	DE 19950222 A1 WO 0129411 A1 EP 1226355 A1 JP 2003512566 T	26-04-2001 26-04-2001 31-07-2002 02-04-2003
JP 61286521 A	17-12-1986	KEINE	
US 2003177844 A1	25-09-2003	DE 10065122 A1 WO 02053897 A1 EP 1362175 A1 JP 2004517252 T	14-08-2002 11-07-2002 19-11-2003 10-06-2004



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**